

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE LAJEADO, RS, BRASIL, COM BASE NOS POÇOS CADASTRADOS NO SIAGAS/CPRM, E RELAÇÕES COM OS AQUÍFEROS FRATURADO DA SERRA GERAL E POROSO GUARANI.**

**PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF GROUNDWATERS IN LAJEADO CITY, RS, BRAZIL, BASED ON WELLS REGISTERED IN THE SIAGAS / CPRM, AND RELATIONS WITH THE FRACTURED OF SERRA GERAL AND GUARANI POROUS AQUIFERS.**

**Resumo:** O presente trabalho avaliou as características físico-químicas das águas subterrâneas de 173 poços localizados no município de Lajeado, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, registrados no cadastro do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) e gerenciado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), com o objetivo de ampliar os conhecimentos acerca deste recurso hídrico. Analisou-se também, os aspectos técnicos indicados para os poços e os perfis geológicos descritos, com o intuito de relacionar estes dados com o Sistema Aquífero (fraturado) Serra Geral (SASG) e Sistema Aquífero (poroso) Guarani, apoiado também em observações de campo. Ao traçar um panorama deste recurso natural no município de Lajeado, estabeleceram-se considerações sobre a concentração de poços no espaço urbano, o comprometimento da potabilidade destas águas e o esgotamento dos aquíferos. Tais informações podem ajudar na proposição e condução de políticas mais adequadas á uma gestão das águas subterrâneas dentro dos princípios de sustentabilidade.

Palavras-chave: águas subterrâneas, características físico-químicas, aquíferos.

**Abstract:** The present study evaluated the physico-chemical characteristics of the groundwaters of 173 wells located in Lajeado city, Rio Grande do Sul State, Brazil, registered in the Underground Water Information System (SIAGAS) and managed by the Research Company of Minerals Resource (CPRM), with the aim of increasing knowledge about this water resource. It was also analyzed the technical aspects indicated for the wells and geological profiles described, in order to relate this data with the Aquifer System (fractured) Serra Geral (SASG) and Guarani Aquifer System (porous), also supported by field observations. In drawing a panorama of this natural resource in Lajeado city, it was established considerations about the concentration of wells in the urban space, the commitment of the potability of these waters and the exhaustion of the aquifers. Such information may assist in proposing and conducting more appropriate policies for groundwaters management within the principles of sustainability.

Keywords: groundwaters, physico-chemical characteristics, aquifers.

## SIGLAS UTILIZADAS

ANA – Agência Nacional das Águas  
CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento  
INC – Indicação por técnico responsável pelo cadastro no SIAGAS  
SASG – Sistema Aquífero (fraturado) Serra Geral  
SAG – Sistema Aquífero (poroso) Guaraní  
VMP- Valor máximo permitido em parâmetros analíticos

## INTRODUÇÃO

Com o crescente comprometimento da qualidade das águas superficiais, em nível mundial, aumenta exponencialmente a procura pelos recursos hídricos subterrâneos que perfazem cerca de 0,96% do volume de toda a água da Terra e 29,9% da água doce disponível. O Brasil, apesar de comportar 13% de toda a água doce do planeta, tem recorrido com frequência cada vez maior ao uso das águas subsuperficiais. Cerca de 39% dos municípios brasileiros são abastecidos por águas subterrâneas (ANA, 2013) e São Paulo, Bahia, Rio Grande do Sul, Ceará e Piauí representam, na atualidade, os estados que mais tem procurado por este recurso natural, estimando-se mais de 500 mil poços tubulares perfurados. Este procedimento tem levado a crescentes preocupações quanto ao possível comprometimento quanti e qualitativo deste recurso e quanto a sua disponibilidade assegurada às gerações presentes e futuras. O abastecimento público de água da cidade de Lajeado é efetuado pela CORSAN, porém, há um expressivo número de poços tubulares, implantados por particulares, no perímetro urbano e na área rural do município. De acordo com os registros no SIAGAS/CPRM, tem-se um contingente de 173 poços cadastrados no município, número bem inferior ao existente. A necessidade de promover o abastecimento público, diante do aumento da densidade populacional urbana, foi um dos principais fatores que promoveu a expressiva ampliação no número de perfurações, além do exponencial crescimento no comércio de águas minerais, de bebidas em geral e especialmente, na implantação de um parque industrial consumidor de elevado volume de água. Fundamenta-se também em algumas concepções de cunho cultural da população da região, onde se crê que a água subterrânea sempre é mais saudável que a fornecida pelo poder público; que toda a água subterrânea tem propriedades crenológicas; e que uma propriedade, com um poço tubular de água, potencializa o seu valor comercial. O crescente número de novas

perfurações de poços tubulares leva a preocupações na medida em que pode promover o comprometimento da qualidade dos recursos hídricos subterrâneos ou mesmo, esgotar os aquíferos locais, especialmente quando executadas sem um controle técnico adequado e uma deficiente gestão local e regional de uso. Tais questões instigaram o desenvolvimento do presente trabalho que objetiva ampliar a visualização do panorama das águas subterrâneas do município de Lajeado, RS, enfatizando aspectos relacionados à setorização e concentração dos poços, características físico-químicas das respectivas águas, exploração, usos, aspectos crenológicos, potencial e relações com os aquíferos presentes. Tais observações pautaram-se nos registros efetuados no SIAGAS/CPRM, nas informações fornecidas pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Lajeado, dados bibliográficos e em observações de campo.

## **2. OBJETIVOS**

Foram objetivos gerais deste trabalho, traçar um panorama das águas subterrâneas do município de Lajeado, RS, com base no registro de 173 poços cadastrados no SIAGAS/CPRM, com o intuito de identificar as suas características físico-químicas, usos, exploração, potencial e relações com os aquíferos bem como, avaliar o grau de precisão e qualidade das informações coligidas nos cadastros efetuados. Foram objetivos específicos:

- gerar um mapa temático georreferenciado da localização dos poços tubulares do município de Lajeado, RS, cadastrados no SIAGAS/CPRM;
- selecionar, para uma avaliação das características físico-químicas das águas subterrâneas, os poços tubulares com um registro de dados e informações compatíveis com os objetivos do trabalho;
- estabelecer as possíveis relações hidrogeológicas das características físico-químicas das águas subterrâneas dos poços selecionados com o Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) e Sistema Aquífero Guarani (SAG), com base nas informações cadastradas e observações em campo;
- avaliar os dados informados no cadastro mencionado quanto ao grau de precisão e forma com que as informações sobre as características da água e dos dados técnicos dos poços foram prestadas.

### 3. METODOLOGIA

A presente pesquisa, que teve como propósito traçar um panorama das águas subterrâneas do Município de Lajeado, RS, fundamentou-se em dados de 173 poços, expressos nos respectivos cadastros do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS), desenvolvido e mantido pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB), sob chancela da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Pautou-se também em informações da Secretaria de Meio Ambiente e da Secretaria do Planejamento do município em questão bem como, em observações de campo.

Para esta avaliação foram estabelecidas as seguintes etapas:

1º - Consulta à base de dados do SIAGAS/CPRM das informações registradas de poços tubulares ocorrentes no município de Lajeado, RS, e respectiva localização geográfica (georreferenciada) em mapa correspondente.

2º - Setorização dos poços com base no grau de concentração nas diferentes áreas do município (urbana e rural), bem como, em relação aos bairros da área urbana.

3º - Definição, com base nas informações constantes nos cadastros dos poços, dos parâmetros físico-químicos das águas, das características técnicas do poço e dados geológicos, a serem analisados e avaliados.

4º - Seleção e distinção dos poços, em cada setor, pelo conjunto de dados e informações adequados aos propósitos deste trabalho.

5º - Análise e avaliação dos dados obtidos nos registros do SIAGAS, nas informações fornecidas pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente, de dados secundários, de trabalhos técnico-científicos e bibliográficos, assim como, em observações de campo.

6º - Compilação dos resultados e estabelecimento de considerações e conclusões.

Na primeira etapa do trabalho foi verificado o número e a constância de itens informados ou preenchidos no cadastro para cada poço. Tais critérios estabeleceram a distinção de cinco diferentes conjuntos de poços:

1 – Poços com dados completos – apresentaram todos os dados solicitados no cadastro (eletrônico).

2 – Poços com dados químicos incompletos – representam os que, no cadastro, não informam parte das análises físico-químicas solicitadas ou

limitam-se a informações gerais de localização do poço, proprietário ou data de perfuração local, sem as análises correspondentes das águas.

3 – Poços com dados geológicos incompletos – representam os que, no cadastro, não informam a base geológica/litológica em que foram perfurados.

4 – Poços com elementos químicos especiais – representam os que foram considerados importantes, apesar de terem dados incompletos, por registrarem a presença de algum elemento químico de destaque, por apresentar alguma característica considerada crenológica ou porque a sua presença, na água, pode ser causadora de patologias (cádmio, cromo, chumbo e cobre).

5 - Poços com águas minerais – poços que apresentam águas com características químicas que permitem o seu enquadramento como águas minerais (de acordo com os limites máximos de determinados elementos químicos permitidos conforme resolução RDC nº 274 de 2005 da Anvisa).

Apesar de terem sido verificados todos os parâmetros físico-químicos registrados no cadastro do SIAGAS/CPRM, os que foram alvo de comparações e considerações mais detalhadas foram a Temperatura, Turbidez, Condutividade Elétrica, pH, Resíduos secos, Fluoretos, Nitratos, Ferro e Cádmio.

Em relação aos dados geológicos e características dos poços foram identificados os litótipos e as unidades litoestratigráficas apontadas, pelos técnicos responsáveis pela descrição do poço ou pelo preenchimento do cadastro.

Em relação à perfuração foi considerada especialmente a profundidade, importante para o estabelecimento de correlações geológicas.

Observações em campo foram efetuadas com o intuito de observar algumas das técnicas utilizadas por empresas, na região, em perfuração de poços tubulares, e entender, constatar os principais focos, falhas técnicas ou pontos que possibilitam frequentes contaminações em poços mal implantados. Permitiram também uma melhor caracterização das unidades litoestratigráficas presentes na região para estabelecer as relações com as características físico-químicas das águas dos poços tubulares selecionados para a presente pesquisa.

#### **4. O MUNICÍPIO DE LAJEADO**

O município de Lajeado situa-se, geograficamente, na Encosta Inferior do Nordeste, do Estado do Rio Grande do Sul, na margem direita do rio Taquari (Sistema Jacuí-Guaíba), entre as coordenadas 29°24'06" e 29°29'52" de latitude Sul e 51°55'06" e 52°06'42" de longitude Oeste. Compreende, segundo dados da Secretaria de Planejamento do município em questão, uma área total de 90,14 km<sup>2</sup> (91,16 km<sup>2</sup>, segundo IBGE/2015) dos quais 78,87 km<sup>2</sup> (87,5%) representam domínios urbanos e 13,94 km<sup>2</sup> (12,5%) área rural.

ROSA, I.C et alii (2011), em um trabalho sobre a influência do processo de emancipação de pequenos municípios na urbanização da cidade de Lajeado, apresenta uma subdivisão do perímetro urbano do município (correspondente a 91,16 km<sup>2</sup>), em "área edificada", com 20,2 km<sup>2</sup> (22,44%) e "área não edificada", 69,8 km<sup>2</sup> (77,56%). Esta área não edificada, apesar de contar com áreas agricultáveis e reservas vegetais, não constitui a área rural propriamente dita, por apresentar loteamentos já implantados com respectiva infra-estrutura urbana. Esta proposta limita a área rural do município de Lajeado em aproximadamente 2 km<sup>2</sup> de área.

Neste perímetro urbano residem 99,63% da população do município (op.cit.), de 71.445 habitantes (segundo senso do IBGE/2010) e estimada em 80.438 habitantes pela FEE/RS - 2015, conferindo uma densidade demográfica de 882,4 hab/km<sup>2</sup>. Apenas 0,37% residem na área rural, cerca de 297 pessoas, com um registro de 94 domicílios.

#### **5. REFERENCIAL TEÓRICO**

"A água é um dos recursos naturais mais importantes, cuja utilização deve ser feita de maneira a não comprometer a disponibilidade para as gerações futuras. Será imprescindível que os novos projetos para atender a demanda sejam concebidos dentro de uma perspectiva de sustentabilidade econômica, social e ambiental"(Salati, Lemos e Salati, 1999).

Indiscutivelmente, as águas subterrâneas tem um crescente papel estratégico e no abastecimento de água da população. Perfaz cerca de 30% de toda a água doce do mundo e disponibilizam-se, atualmente, pelos meios tecnológicos conhecidos, de aproximadamente 10.395.000 km<sup>3</sup> de água subterrânea distribuída no subsolo a partir de aquíferos (Rebouças,A.C., 2006).

Sua importância, em relação às águas superficiais, estabelece-se por encontrarem-se mais protegidas contra os efeitos da poluição, principalmente em decorrência da sua depuração ao longo do tempo durante a sua percolação através das camadas de solos e das rochas. Igualmente, os efeitos da sazonalidade e da evaporação tem menor influência sobre estes recursos naturais, tornando o abastecimento público a partir do uso das águas subterrâneas uma alternativa, muitas vezes, mais prática e econômica.

Conhecer os corpos rochosos, sua distribuição espacial, suas estruturas e porosidades bem como a caracterização dos aquíferos que eles abrigam ou constituem, sua natureza, suas propriedades hidráulicas, a superfície potenciométrica, a dinâmica e a qualidade da água, as reservas, as profundidades, a vulnerabilidade, entre outros aspectos, apoiando-se em instrumentos técnicos e legais, e adotando-se modelos adequados de gestão, configuram-se elementos necessários para o conhecimento e o uso sustentável das estratégicas águas subterrâneas.

Em diversos países o abastecimento público, pelas águas subterrâneas, predomina amplamente sobre o uso das águas superficiais, como de cursos fluviais ou lagos. Índices chegam de 90 a 100% na Alemanha, Suécia, Bélgica, Áustria e Holanda. Nos Estados Unidos mais de 70% do abastecimento público e das indústrias provém do uso das águas subterrâneas.

Igualmente, os usos destas águas para abastecimento público e também para a irrigação, tiveram no Brasil, nas duas últimas décadas, um incremento substancial. Em São Paulo, dos 645 municípios, cerca de 80% já se utiliza parcial ou totalmente dos mananciais subterrâneos para abastecimento público dos municípios (CETESB, 2010). Situação similar verifica-se em cidades como Natal (RN), Maceió (AL), Recife (PB) e Belém (PA), abastecidas, em grande parte, por águas provenientes de aquíferos.

Os aquíferos constituem reservatórios (espaços macroscópicos até o tamanho de poros milimétricos) no solo, nas rochas ou em fraturas das rochas, onde se aloja a água ao longo do tempo e que pode ser obtida ou extraída através de técnicas e processos mecânicos (furos, bombas e poços), em quantidades suficientes para atender a alguma demanda. Os aquíferos podem ser do tipo poroso, formado principalmente por rochas sedimentares psamíticas (arenitos e suas variáveis) e pefíticas (conglomerados e suas variáveis); tipo

fraturado, quando as rochas apresentam quebras ou descontinuidades; e tipo cárstico, associado a estruturas e feições geológicas derivadas da dissolução de rochas sedimentares ou metamórficas de natureza carbonática (cavidades, cavernas ou dolinas). Este último tipo de aquífero não tem expressão no Estado.

Aos aquíferos contrapõem-se os aquíferos, que representam estruturas, camadas ou rochas que não armazenam água ou quando o fazem não a fornecem em quantidades suficientes por falta de porosidade ou interconectividade entre os poros.

### **5.1 Aspectos geomorfológicos, geológicos e hidrogeológicos**

Sob o ponto de vista geomorfológico o município de Lajeado localiza-se no denominado Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, Região Geomorfológica Planalto das Araucárias e Unidade Geomorfológica Patamares da Serra Geral, de acordo com os táxons propostos por JUSTOS, *et alii* (1986).

Sob o ponto de vista geológico podem ser encontradas, expostas, no município, as seguintes unidades (da mais antiga a mais recente):

- Formação Botucatu (de idade jurássica) – representada por arenitos finos e médios, arenitos sílticos, amarelados e rosados, gerados em ambiente eólico, com espessuras muito variadas de local a outro, podendo alcançar mais de 100 m e graus de litificação (diagênese) desde muito friáveis a alto grau de limonitação e silicificação;

- Formação Serra Geral (de idade neojurássica a eocretácea) - representada por efusivas de natureza basáltica e por diabásios (relacionados a intrusões de diques e soleiras);

- Formação Lajeado (unidade informal de provável idade neoterciária a pelistocência) – formada principalmente por conglomerados polimíticos (clastos de origem basáltica e arenítica), em elevado grau de decomposição química, representando depósitos de calhas fluviais (paleo-sistema rio Taquari) e por siltitos e argilitos (vermelhos), representando depósitos de planície de inundação;

- Unidades pleistocênicas e holocênicas, sem denominação formal, representando principalmente coberturas sedimentares vinculadas a paleoterraços fluviais e depósitos atuais.

Em subsuperfície, através de registros de poços tubulares, constata-se também a presença de litologias do Grupo Rosário do Sul (de idade triássica), sotoposta à Formação Botucatu, geralmente representada por arenitos sílticos, siltitos e argilitos de cores vermelhas. Em geral, as litologias psamítico/pelíticas desta unidade não são potenciais aquíferos. Em Venâncio Aires e Bom Retiro do Sul, municípios próximos, registram-se em alguns setores, no entanto, para esta unidade litoestratigráfica, a presença de arenitos grosseiros e conglomerados ( fácies de calhas fluviais) potenciais aquíferos na região.

As duas primeiras unidades litoestratigráficas acima referidas configuram, respectivamente, o Sistema (poroso) Aquífero Guarani (SAG) e o Sistema (fraturado) Serra Geral (SASG), onde o primeiro encontra-se estratigraficamente e espacialmente sotoposto ao segundo. Estes dois sistemas apresentam ampla inter-relação de fluxos hídricos em subsuperfície tanto ascendentes, como descendentes.

Ocorrem, contudo, com certa frequência no Vale do Taquari e especificamente, no município de Lajeado, situações onde os arenitos (do SAG) intercalam-se entre os derrames de lavas basálticas (arenitos intertrápicos) configurando ora, excelentes horizontes aquíferos ora, aquíferos. Tais situações extremas devem-se a diferentes graus de diagênese (limonitação e/ou silicificação) ou mais raramente a processos de anquimetamorfismo (metamorfismo térmico ou de contato) proporcionado pela elevada temperatura das lavas ao cobrirem os sedimentos.

De acordo com REBOUÇAS (2006) o Sistema Aquífero Poroso Guarani é considerado o 4º mais importante aquífero em nível mundial, com reservas estimadas de  $45 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup> de água, com uma abrangência de  $1,2 \times 10^6$  km<sup>2</sup> de área, e localiza-se em parte do centro-sul do Brasil, norte-noroeste do Uruguai, nordeste-leste da Argentina e leste do Paraguai.

Este sistema, relacionado principalmente com arenitos desenvolvidos em ambiente eólico durante o período Jurássico (Formação Botucatu), pode apresentar, na região do Vale do Taquari, espessuras que alcançam 150 metros, porém, pode mostrar descontinuidades e interrupções laterais que levam a sua ausência na coluna geológico-estratigráfica local, como pode ser registrado em Venâncio Aires e Santa Cruz do Sul. Esta anomalia estratigráfica registra-se também em municípios de Cruzeiro do Sul e Mato Leitão, próximos

a Lajeado, de acordo com informação verbal de perfuradores de poços tubulares, onde perfurações passam da base do último derrame de basalto (primeiro e mais antigo na sucessão da coluna geológica) diretamente aos pelitos ou psamitos do Grupo Rosário do Sul.

Esta ausência dos arenitos da Formação Botucatu é indicativa, aos mineradores, de pequenas chances para a obtenção de água subterrânea em volumes apreciáveis ou desejados.

O SAG, de acordo com Mapa Hidrogeológico do RS (2005), é integrado também, no Estado, por outras unidades litoestratigráficas, tais como a Formação Guará (idade jurássica), Grupo Rosário do Sul (idade triássica) Grupo Passa Dois (neopermiana).

Algumas destas unidades litoestratigráficas apresentam categorias taxonômicas distintas, fruto de interpretações de pesquisadores ou não tem ocorrência geológico-estratigráfica na região em questão.

O mesmo ocorre em relação às unidades que compõem o SAG nos países vizinhos, onde estas denominações não são mantidas (Fms. Tacuarembó, Buena Vista e Yaguari, no Uruguai; Fms. San Cristobal e Buena Vista – na Argentina; Fms. Misiones e Independencia, no Paraguai).

O Sistema (fraturado) da Serra Geral (SASG) refere-se aos recursos hídricos subterrâneos que se alojam nas fraturas da sucessão de rochas efusivas (derrames de lavas) e intrusivas (diques e soleiras), de natureza basáltica ou derivados mais ácidos, que se desenvolveram ao final da história evolutiva da Bacia do Paraná (Neojurássico a Eocretáceo). Tais eventos vulcânicos formaram o Planalto da Serra Geral (Planalto Meridional), que gerou, no RS, uma pilha de rochas que pode alcançar espessuras da ordem de 1.200 metros no extremo nordeste do Estado (São José dos Ausentes).

As fraturas que comportam tais águas são de origem tectônica (geofraturas e falhas, que podem alcançar dezenas de quilômetros de extensão e mais de 2.000 metros de profundidade) e fraturas simples e microfraturas originadas por mecanismos de contração/distensão durante as fases de resfriamento dos derrames de lava (Sheibe & Hirata, 2008).

## **5.2 Aspectos físico-químicos das águas subterrâneas**

A preocupação com a qualidade da água, decorrente da progressiva poluição hídrica, é um dos motivos que levam grande parte da população

mundial ao consumo de água proveniente de fontes minerais (Leclerc e Moreau, 2002).

A dinâmica hídrica subterrânea faculta, ao longo do tempo geológico, o contato das águas com os diferentes tipos de rochas pelos quais circulam, propiciando a sua dissolução, combinação ou adsorção. O aporte de águas superficiais, na recarga dos aquíferos, também se somam as causas responsáveis pela grande diversidade química e física das águas subterrâneas.

As variadas concentrações destes parâmetros químicos (minerais, íons, pH) ou as suas distintas propriedades físicas (temperatura, turbidez, radioatividade, resistividade elétrica) adquiridas por influências geológicas, determinam a classificação destas águas em minerais ou potáveis, de acordo com critérios estabelecidos subjetivamente. Tais critérios, que estabelecem os valores mínimos ou máximos de íons ou elementos químicos admitidos ou permitidos na água subterrânea podem variar de um país a outro e também não são consenso na legislação e normas brasileiras.

Estas dificuldades são maiores ainda no estabelecimento dos parâmetros e padrões quanti e qualitativos dos minerais ou elementos químicos que conferem propriedades crenológicas às águas subterrâneas.

A avaliação de tais aspectos tem relevância maior quando se objetiva a exploração, comercialização e industrialização das águas subterrâneas.

Neste sentido, os estudos, pesquisas, prospecção e comercialização das águas subterrâneas, são regulamentados, no Brasil, desde o Decreto-lei nº 7841 (de 8/8/1945), também denominado “Código de Águas Minerais”, onde é estabelecido, no Art.1º, *que as “águas minerais” são aquelas provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas que possuam composição química ou propriedades físicas ou físico-químicas distintas das águas comuns, com características que lhes confirmam uma ação medicamentosa.* No Art.3º são denominadas *“águas potáveis de mesa” as águas de composição normal, provenientes de fontes naturais ou de fontes artificialmente captadas, que preenchem tão somente as condições de potabilidade para a região.*

Já pelo Decreto-lei nº 86/90, de 16/03/90 entende-se por água mineral natural *“a água considerada bacteriologicamente própria, com características físico-químicas estáveis, de que podem resultar efeitos*

*favoráveis à saúde, e que se distingue da água de beber comum pela sua pureza original e pela sua natureza, caracterizada pelo teor de substâncias minerais, oligoelementos ou outros constituintes”.*

O aproveitamento de águas subterrâneas para a comercialização é regulamentado por legislação específica, onde o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) representa o órgão responsável pelo planejamento e fomento da exploração das águas minerais, pelas autorizações correspondentes e pela fiscalização do exercício de todas as atividades relacionadas.

A classificação das águas minerais brasileiras é fundamentada no Código de Águas Minerais (Decreto-lei nº 7841, de 8/8/1945) e tem por base a composição química e as características físicas e físico-químicas e microbiológicas, porém o seu uso para consumo humano tem legislação complementar de competência da área da saúde/vigilância sanitária.

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) são estabelecidos alguns parâmetros para admitir o consumo humano das águas subterrâneas:

Quadro 1: Padrão de aceitação para consumo humano (Portaria nº 274, de 22/Set/2005).

Table 1: Acceptance pattern for Human Consumption (Ordinance No. 274, Sep 22, 2005).

Parâmetro	Valor Máximo
Cloretos	250 mg/L
Sódio	200 mg/L
Potássio	175 mg/L
Cálcio	250 mg/L
Magnésio	150 mg/L
Outros parâmetros	
pH	6,0 a 9,5
Condutividade elétrica	750 µS/cm
Resíduo Total a 105 ° C	500 mg

Quadro 2 – Concentração máxima permitida pela Portaria nº 54, de 2000 (ANVISA).

Table 2 - Maximum concentration allowed by Ordinance No. 54, 2000 (ANVISA).

Parâmetro	Valor Máximo
Antimônio	0,005 mg/L (Sb)
Arsênio	0,05 mg/L, (As) total
Bário	1 mg/L (Ba)
Borato	5 mg/L, Boro (B)
Cádmio	0,003 mg/L (Cd)
Cromo	0,05 mg/L, (Cr) total
Cobre	1mg/L (Cu)
Cianeto	0,07 mg/L (CN)
Chumbo	0,01 mg/L (Pb)
Manganês	2 mg/L (Mn)
Mercúrio	0,001 mg/L (Hg)
Níquel	0,02 mg/L (Ni)
Nitrato	50 mg/L, (nitrato)
Selênio	0,05 mg/L (Se)

Diversas portarias, normas técnicas, orientações estabelecem requisitos para a Avaliação da Conformidade para Água Mineral Natural e Água Natural

Envasada e podem ser consultadas através da Portaria nº 307 (01/07/2014), do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

Em relação ao presente trabalho deve-se destacar o levantamento de dados físico-químicos das águas subterrâneas do município de Lajeado, desenvolvido por STROHSCHOEN *et alii* (2006), intitulado “Diagnóstico da água subterrânea no município de Lajeado, RS”. Neste diagnóstico foram cadastrados 361 poços tubulares (32 encontravam-se desativados) e 253 poços rasos (com 47 desativados). Destes, 79 poços tubulares e 21 poços rasos foram selecionados para análises físico-químicas das águas, contemplando os parâmetros: pH, Dureza Total, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Nitratos, Sulfatos, Teor de Chumbo, Teor de Cromo, Coliformes Totais, Coliformes Fecais, Contagem de Bactérias e Matéria Orgânica.

O referido trabalho instigou o desenvolvimento do presente, para ampliar o número de dados e informações sobre os recursos hídricos subterrâneos do município de Lajeado.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O presente levantamento de dados dos poços tubulares do Município de Lajeado, RS, teve como estímulo o trabalho desenvolvido por STROHSCHOEN *et alii* (2006), acima referido, em que foram cadastrados 614 poços no município, incluindo tubulares e rasos.

O presente trabalho, ao focar os parâmetros físico-químicos indicados no cadastro do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS/CPRM), soma dados e informações àquele trabalho para traçar um panorama mais claro da situação e das características das águas subterrâneas no município e principalmente, das suas relações com os aquíferos da região.

### **6.1 Sobre a distribuição dos poços tubulares no município**

De acordo com o cadastro no SIAGAS/CPRM, o município de Lajeado conta com 173 poços tubulares, ou seja, 47,9% do número apontado por STROHSCHOEN *et alii* (2006). Estima-se que outros, em operação, não tenham sido incluídos neste levantamento e no cadastro.

A CORSAN é responsável pela maior parte do abastecimento de água no Município de Lajeado, RS, atendendo cerca de 71.000 pessoas. As águas

fornecidas provêm, em sua maior parte, da captação no rio Taquari, junto a Estação de Tratamento da Água (ETA) do Bairro Hidráulica.

A prefeitura de Lajeado possui 7 poços, perfurados com recursos públicos, os quais abastecem cerca de 2.900 residências no município, distribuídos nos seguintes locais: Alto Conventos (1), Conventos (3), Bairro Centenário (2) e em Olarias-Igrejinha (1). A municipalidade de Lajeado monitora, no entanto, além dos 7 poços, mais 48, integrando o denominado Sistema de Abastecimento de Água (SAA). Este monitoramento consta de análises mensais, bimensais ou trimestrais das respectivas características físico-químicas das águas. Com exceção dos 7 poços, os demais estão em propriedades de particulares, de associações ou de entidades privadas e públicas.

Dos 173 poços tubulares cadastrados no SIAGAS/CPRM, 167 poços (96,5%) encontram-se na área urbana, que representa 87,5% do município, e 6 poços (3,5%), encontram-se nos domínios da Zona Rural, que representa 12,5%), considerando-se a subdivisão do espaço municipal adotado pela Secretaria do Planejamento (Mapa Localização de Poços de Abastecimento no município de Lajeado – RS, Escala 1:120.000).

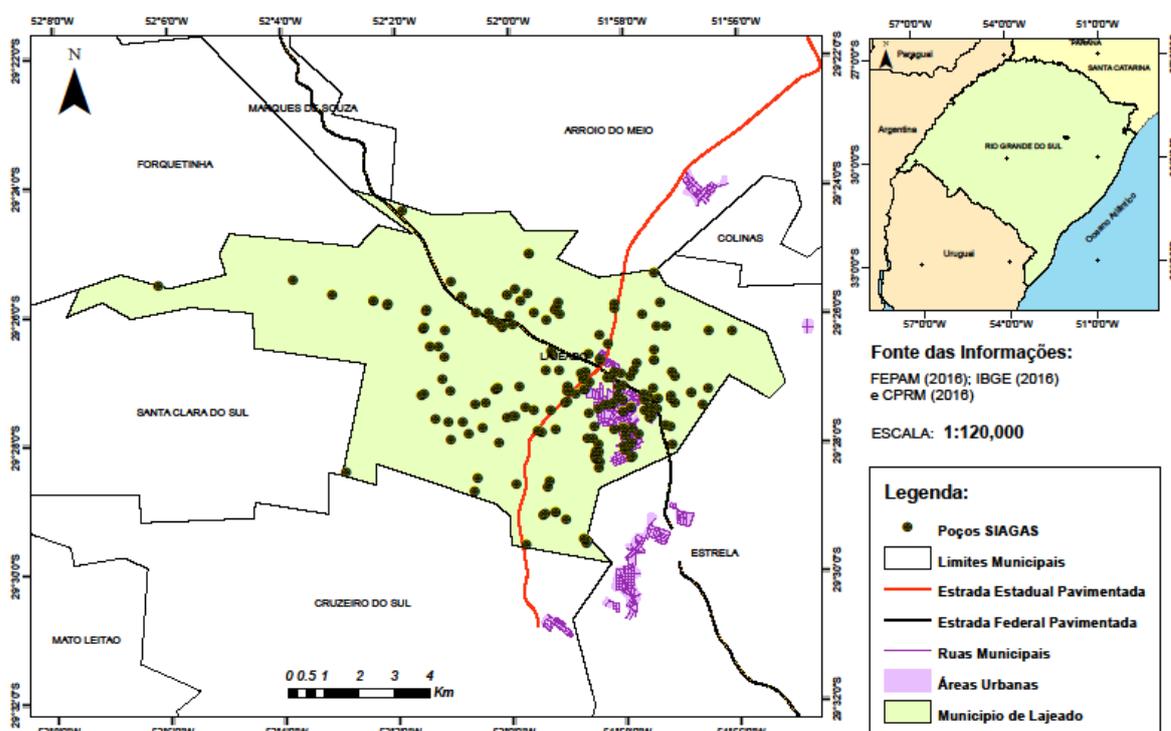
Deve-se ressaltar que a área urbana (limite urbano) de Lajeado é compreendida, por ROSA, I.C et alii (2011), como sendo passível de uma subdivisão, onde 20,2 km<sup>2</sup> (22,44%) compreende “área edificada” e o restante (77,56%), “área não edificada” porém, com loteamentos já implantados e com infraestrutura urbana definida, portanto, não mais considerada como uma zona rural.

Com base nesta subdivisão verifica-se que 125 poços cadastrados (72,2%) situam-se no domínio da “Zona Urbana Edificada”, 42 (24,3%), na “Zona Urbana Não Edificada” e 6 poços (3,5%) na Zona Rural do município de Lajeado. Estes dados mostram a grande concentração de poços tubulares na área mais ocupada do espaço municipal e, por consequência, mais sujeita a contaminações de origem antrópica. Esta elevada concentração aumenta as preocupações, não apenas quanto á qualidade das águas, mas, também quanto ao esgotamento dos aquíferos ao se ter em conta a densidade demográfica do município de 882,4 hab/km<sup>2</sup> (segundo dados da FEE/RS, 2015).

Observou-se que a maior concentração de poços encontra-se nos bairros Moinhos, Centro e Florestal. Em contrapartida, os bairros mais afastados do centro, como Conventos, Imigrante e Carneiros possuem poucos poços cadastrados no Sistema SIAGAS, assim como na área não edificada e rural do município.

Um aspecto que deve ser enaltecido diante da elevada concentração de poços tubulares nas áreas urbanizadas refere-se a uma possível geração de conflitos entre o abastecimento público, administrado pela CORSAN no caso de Lajeado, e o uso privado da água subterrânea obtida a partir dos poços tubulares.

### Localização de Poços de Abastecimento no Município de Lajeado - RS



Mapa 1 – Localização de poços de água subterrânea, cadastrados no SIAGAS/CPRM, no município de Lajeado, RS.

Map 1 - Location of underground water wells, registered in SIAGAS / CPRM, in Lajeado city, RS.

### 6.2 Os dados dos poços tubulares do cadastro SIAGAS/CPRM

A análise dos dados dos 173 poços tubulares do município de Lajeado, cadastrados no SIAGAS/CPRM, do município de Lajeado mostra (Quadro 03):

Quadro 03 – Características dos poços tubulares cadastrados do SIAGAS/CPRM.

Table 03 - Characteristics of registered tubular wells of SIAGAS / CPRM.

<b>Descritivo dos dados dos poços tubulares</b>	<b>Nº de poços</b>	<b>% do Total</b>
1. Não apresentavam informações sobre as litologias ou unidades litoestratigráficas detectadas na perfuração	72	41,6 %
2. Não apresentavam análises químicas ou os dados analíticos eram incompletos	41	23,7 %
3. Apresentavam dados analíticos incompletos porém, alguns elementos químicos presentes indicam propriedades crenológicas	9	5,2%
4. Apresentavam análises completas	51	29,5%
<b>Total</b>	<b>173</b>	<b>100%</b>

### **6.3 Aspectos geológicos e hidrogeológicos**

Com base nos dados cadastrados verifica-se que, dos 173 poços tubulares do município em questão, 72 (41,6%) não apresentam informações sobre as litologias ou acerca das unidades litoestratigráficas encontradas durante a perfuração, aspecto que poderia ampliar as informações sobre os aquíferos locais e suas características.

Os 101 poços restantes (58,4%) apresentam dados acerca dos principais litótipos ocorrentes, limitando-se, na maior parte das descrições, somente a dados simples, como basalto e arenito, sem informações sobre textura das rochas, granulometria, cor, ou grau de intemperismo ou de fraturamento. Excetuam-se as descrições dos perfis geológicos emitidos para os poços da CORSAN, que apresentam os dados mais detalhados, podendo-se citar como exemplo as informações: basaltos com alterações hidrotermais, basaltos amigdaloides, basalto muito pouco fraturado, basalto cinza escuro oxidado, brechas basálticas, arenito médio com granulação esferoidal bem selecionado e arenito fino vermelho com silte.

A indicação das unidades litoestratigráficas presentes é mais constante, apesar da omissão em diversos registros dos poços. Aponta-se a ocorrência ampla, no município, das unidades Formação Serra Geral e Formação Botucatu e excepcional a Formação Sanga do Cabral (1), Formação Santa Maria (1), Formação Rosário do Sul (2) e Formação Rio do Rasto (1).

Os dados dos 101 poços (dos 173) que apresentam indicação das litologias presentes, permitem estabelecer ou inferir, para o município de Lajeado:

- que 21,78% dos poços tubulares foram perfurados nas litologias do sistema aquífero fraturado Serra Geral (SASG), exclusivamente;

- 78,22% dos poços abrangeram litologias tanto do SASG (basaltos) como do sotoposto sistema aquífero poroso Guarani (SAG) (incluindo também as litologias de outras formações sotopostas à Formação Botucatu).

Este aspecto denota a importância também do sistema aquífero fraturado da Serra Geral (SASG) tanto para abastecimento como para gestão, formando, na região, um sistema integrado com o aquífero poroso Guarani (SAG).

Quadro 04 – Número de poços tubulares no município de Lajeado, cadastrados no SIAGAS/CPRM, litologias indicadas e unidades litoestratigráficas.

Table 4 - Number of tubular wells in Lajeado city, registered in SIAGAS / CPRM, indicated lithologies and lithostratigraphic units.

<b>Aquíferos</b>	<b>Litologias</b>	<b>Unidade Litoestratigráfica</b>	<b>Nº de poços e %</b>
Sistema Aquífero (fraturado) Serra Geral (SASG)	Basaltos	Formação Serra Geral	22 poços (21,78%)
Sistema Integrado Aquífero Serra Geral (SASG) e Aquífero (poroso) Guarani (SAG)	Basaltos e arenitos (inclui arenitos intertrápicos)	Formação Serra Geral e Formação Botucatu	61 poços (60,40%)
	Arenitos com siltes/argilas/folhelho	Formação Rosário do Sul (INC)	9 poços (8,91%)
	Arenitos com siltes/argilas	Formação Santa Maria (INC)	01 poço (0,99%)
	Arenito fino marrom	Formação Sanga do Cabral (INC)	01 poço (0,99%)
	Arenitos com siltes/argilas	Formação Rio do Rasto (INC)	01 poço (0,99%)
	Arenitos com silte/argilas e argilas	Unidade litoestratigráfica não indicada	05 poços (4,95%)
	Argilas	Unidade litoestratigráfica não indicada	01 poço (0,99%)
(INC) – indicação do profissional técnico responsável pelo cadastro do respectivo poço tubular.			

A inclusão das litologias pelíticas e psamito-pelíticas sotopostas à Formação Serra Geral (basaltos) e Formação Botucatu pode ser atribuída a diferentes concepções ou interpretações, por parte dos técnicos responsáveis pelos cadastros, na proposição da coluna estratigráfica do Estado do Rio Grande do Sul.

Deve-se ressaltar também que, de acordo com o Mapa Hidrogeológico Estado do Rio Grande do Sul (CPRM, 2005), são utilizadas unidades lito e hidroestratigráficas discordantes em relação às acima apontadas (Quadro 02).

Em relação à análise, avaliações e resultados apontados abaixo, os valores de vazão de água correspondem aos “valores após estabilização”. Em relação à potencialidade dos poços adotou-se um critério utilizado por alguns dos perfuradores de poços desta região do Vale do Taquari que conferem:

- Poço ruim: menos de 5 m<sup>3</sup>/h de água
- Poço médio: entre 6 m<sup>3</sup>/h e 15 m<sup>3</sup>/h
- Poço bom: entre 16 m<sup>3</sup>/h e 25 m<sup>3</sup>/h
- Poço muito bom: >25 m<sup>3</sup>/h
- Poço excepcional: > 50 m<sup>3</sup>/h de água.

Nota: estes valores estabelecidos não são consenso entre os perfuradores, especialmente entre os atributos “muito bom” e “excepcional”. Igualmente, esta classificação depende muito do uso que se pretende dar as águas e o volume que se deseja para atender a demanda de determinado empreendimento. A região em que o poço é perfurado também pode interferir nesta classificação, havendo setores onde as características geológicas e escassez de água definem critérios diferentes, e uma vazão de 25 m<sup>3</sup>/h pode ser excepcional.

Outros dados podem ser obtidos ou definidos e interpretados a partir das informações coligidas do cadastro SIAGAS/CPRM, para o município de Lajeado:

1. Em relação às profundidades das perfurações o poço mais profundo alcançou 214 m, situado no Bairro São Bento. Apresentou, no perfil geológico, 124 m de basalto (SASG) e após, até os 214 m, arenitos argilosos, atribuídos à Formação Santa Maria (IN). Forneceu uma vazão de somente 1,346 m<sup>3</sup>/h de água, caracterizando potencialmente um “poço ruim”. Este poço não foi integrado aos 101 avaliados, devido à falta de vários dados físico-químicos da água. Dentre os poços avaliados no presente trabalho o mais profundo apresenta 162 m e localiza-se no bairro Conventos. A respectiva perfuração findou em basaltos após transpassar um arenito intertrápico de 2 m de espessura. Forneceu uma vazão de 5,8 m<sup>3</sup>/h, considerado potencialmente ruim.

2. O mais raso dos poços cadastrados, dentre os analisados, tem somente 38,5 m de profundidade e localiza-se no Bairro Hidráulica. Perfurado integralmente em basaltos (SASG), apresentou uma vazão de 8,8 m<sup>3</sup>/h de água, caracterizando, potencialmente um poço de vazão média.

3. Dos 173 poços cadastrados no município registra-se a espessura máxima de 180 m de basaltos da Formação Serra Geral perfurados em um poço, localizado no Bairro Alto Conventos. Não atingiu unidades sedimentares sotopostas e apresentou uma vazão de 1,5 m<sup>3</sup>/h de água, considerado, potencialmente, ruim. Este poço, no entanto, por falta de diversos dados físico-químicos, não integra os 101 poços analisados. Dos poços analisados, o localizado no Bairro Conventos, apresentou a maior espessura perfurada de basaltos (126 m), fornecendo uma vazão de 5,8 m<sup>3</sup>/h, potencialmente ruim.

4. O arenito da Fm.Botucatu, considerado o melhor aquífero do Sistema poroso Aquífero Guarani (SAG) mostrou uma espessura máxima de 91 m, em um poço localizado no Bairro Hidráulica, próximo a BR 386 e apresentou uma vazão de 10 m<sup>3</sup>/h, considerado potencialmente médio.

5. Apenas um (01) dos poços perfurados não apresentou basaltos (SASG), passando, após 30 m de solos e sedimentos areno-argilosos, para arenitos médios; e dos 50 a 60 m mostrou argilas e arenitos. Situa-se no norte da Área Industrial de Lajeado, nas proximidades no Rio Forqueta e forneceu uma vazão de 9,8 m<sup>3</sup>/h de água (potencialmente, médio).

6. Catorze (14) poços indicam a presença de arenitos intertrápicos (ou interderrames), desde 2 m até 28 m de espessura (poço próximo ao Km 34, da RS 130). A presença de arenitos intertrápicos, muitas vezes, define aquíferos confinados, com elevado potencial de armazenamento e fornecimento de água. Outras vezes, no entanto, fatores de diagênese (elevada limonitização ou silicificação) ou anquimetamorfismo podem transformar estes horizontes em aquícludes.

7. Um poço, localizado no Bairro Santo Antônio, com 131 m de profundidade apresenta três (03) intercalações de arenitos entre basaltos, respectivamente de 6 m, 10 m e 2 m de espessura (do topo para a base do poço). Forneceu uma vazão de 11,64 m<sup>3</sup>/h, considerado, potencialmente, um poço médio.

8. Dos 101 poços analisados, o poço localizado no bairro Moinhos, com 84 m de profundidade, apresentou a maior vazão registrada para o município, com 70,89 m<sup>3</sup>/h de água. Considerado, potencialmente, um poço excepcional, apresenta um perfil com 19,2 m de basalto (SASG) e 62 m de arenitos (SAG).

9. Em relação à vazão dos poços analisados e considerando a classificação das vazões acima propostas, verifica-se para o município de Lajeado que, 14% são poços ruins; 50,7% poços médios; 18,3% bons; 11,3% poços muito bons; e 5,6% representam poços excepcionais.

10. Anomalia, para a região, registra-se na indicação da presença de argilas (argilitos) interderrames (6 m de espessura, entre o intervalo de 110 – 116 m de profundidade), em um poço situado na área central-sudeste da cidade. Apresentou uma vazão após estabilização de 0,4 m<sup>3</sup>/h, o que denota a característica de aquíclode das litologias pelíticas. Os basaltos sobrepostos (110 m de espessura) e os sotopostos (6 m), fraturados, também não contribuíram com volume significativo de águas. Os arenitos intertrápicos conhecidos nesta região são de natureza eólica e representam uma continuidade deposicional e ambiental das condições desérticas (Formação Botucatu – de idade jurássica) que vigoraram antes e no início das manifestações vulcânicas formadoras dos basaltos (Formação Serra Geral – de idade neojurássica a eocretácea).

11. Um poço no Bairro São Bento, próximo a Avipal, mostrou somente 3m de arenitos da Fm.Botucatu, entre os basaltos (sobrepostos) com 93 m de espessura e litologias pelíticas, atribuídas à Formação Rosário do Sul (INC). Nas proximidades deste poço outro, (Avipal e RS 130), registra a ausência dos arenitos, estabelecendo-se um contato direto entre os basaltos (85 m de espessura) da Formação Serra Geral (SASG) e argilitos (10 m de espessura) e arenitos (9 m de espessura). Tais litologias, provavelmente integram unidades anteriores a Formação Botucatu. Outro exemplo refere-se a um poço localizado no Bairro São Bento, onde 170 m de basaltos (SASG) sobrepõem-se diretamente a 40 m de arenitos argilosos, atribuídos à Formação Santa Maria (INC). Para este, foi indicada uma vazão de 0,018 m<sup>3</sup> de água, mostrando comportamento de aquíclode.

#### **6.4 Aspectos físico-químicos das águas**

Para a avaliação físico-química das águas dos 173 poços, do município de Lajeado, RS, cadastrados no SIAGAS/CPRM, constatou-se que apenas 51 apresentavam análises completas (29,5%) e 41 poços não apresentavam análises químicas ou careciam da maioria dos dados (23,7%).

Assim, foram realizadas as devidas avaliações destes 51 poços adicionados de 9 outros que, apesar de não conterem todos os dados físico-químicos esperados, apresentam informações de destaque em relação a determinados elementos químicos presentes dentre os quais alguns, que atribuem características crenológicas às águas e outros, cuja presença é indesejável por poderem afetar a saúde humana.

#### 6.4.1 Em relação á temperatura das águas

A temperatura da água subterrânea, em um poço, deve-se principalmente em função do gradiente geotérmico, que na região em questão é da ordem de 1 °C de aumento para cada 33 m de profundidade. Áreas com magmatismo/vulcanismo ativo esta relação modifica-se. Eventuais entradas de água no poço provenientes de maiores profundidades, por fraturas, aumentam a temperatura assim como, aporte de águas superficiais, a esfriam. Deve-se levar em conta também, uma possível influência da temperatura sazonal. A temperatura mínima da água registrada em um poço da região (18,5 °C) foi obtida em água coletada no mês de junho, um dos meses mais frios na região; a mais alta foi de 30 °C, em água coletada em janeiro, um dos meses mais quentes do ano.

Dentre as características físicas avaliadas verifica-se em relação à temperatura da água:

Quadro 05 – Variação da temperatura das águas dos poços tubulares analisados, no município de Lajeado.

Table 5 - Variation of the water temperature of the tubular wells analyzed, in Lajeado city.

	<b>Temperatura</b>	<b>Data da coleta</b>	<b>Localização do poço - Bairro</b>	<b>Profundidade</b>
<b>Temperatura mínima</b>	18,5 °C	22/06/2004	Santo Antônio	107 m
<b>Temperatura máxima</b>	30 °C	12/01/2004	Centro – (Sudeste)	56 m
<b>Temperatura média</b>	22,26 °C			

Dentre os 45 poços analisados no presente trabalho, os que apresentavam os dados de temperatura das respectivas águas, apenas 11 podem ser consideradas fontes hipotermiais (temperaturas entre 25 °C e 33 °C) (Decreto Lei nº 7.841 e RDC nº 173/06), as demais, são consideradas águas frias.

A temperatura máxima registrada para a água de um poço na região (30 °C) foi coletada no período mais quente do ano, portanto também pode ter havido alguma influência. Não se pode atribuir esta temperatura com sendo determinada pelo gradiente geotérmico da região (cerca de 1 °C/33m), visto que o poço tem somente 56 m de profundidade, insuficiente para proporcionar esta temperatura. Além disto, desconhecem-se, na região do Vale do Taquari, ocorrências de águas termais a tais pequenas profundidades.

Há uma grande probabilidade de haver algum aquecimento proporcionado por vazamentos/ infiltrações de águas quentes provenientes da indústria detentora do poço ou, algum erro na medição efetuada ou também no registro do cadastro.

#### **6.4.2 Em relação à turbidez da água**

As medidas de turbidez permitem avaliar o grau de potabilidade da água, sendo esta determinada pela presença de partículas argilosas, minerais em suspensão ou compostos químicos presentes. A avaliação deste parâmetro físico é feita através do turbidímetro, aparelho constituído por um nefelômetro, e o valor da turbidez é expressa em unidades nefelométricas de turbidez (unt ou UNT).

Conforme a RDC nº54 de 2000, o VMP de turbidez em águas minerais é de 3 unt. Para a potabilidade das águas, segundo a Portaria 2914 de 12/12/2011, o VMP de turbidez é de 5 unt.

Para o presente trabalho verificou-se que o valor máximo de turbidez da água foi registrado em um poço localizado no Bairro Hidráulica, com 9,23 unt. Além de este fato ocorrer devido à presença de partículas suspensas ou compostos dissolvidos pode também ser determinada pela presença do Ferro na água quando em contato com o oxigênio do ar. No caso analisado deste poço, o ferro ultrapassa o VMP de 0.3 mg/l, apresentando 0,423 mg/l.

#### **6.4.3 Em relação à condutividade elétrica**

A condutividade elétrica mede a capacidade da água de difundir uma corrente elétrica devido à presença maior ou menor de íons, sua concentração, mobilidade e valência, levando-se em conta a temperatura do ambiente. A medição da condutividade é feita em micro-siemens por cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), em temperaturas de água a 25 °C.

Quadro 06 - A condutividade elétrica em relação aos principais tipos de água.  
Table 06 - The electrical conductivity in relation to the main types of water.

Amostra	Condutividade típica aproximada a 25°C
Água Tipo I (ultrapura)	0.055 $\mu\text{S/cm}$
Água destilada	1.0 $\mu\text{S/cm}$
Água Potável	50 $\mu\text{S/cm}$
Água Mineral	200 $\mu\text{S/cm}$
Água do Mar	53000 $\mu\text{S/cm}$

No presente levantamento efetuado das águas dos poços do município de Lajeado encontrou-se, em 73 poços analisados (com os dados disponíveis no cadastro SIAGAS/CPRM):

Quadro 07 - Valores da condutividade elétrica para águas dos poços de Lajeado, RS.

Table 7 - Electric conductivity values for waters of Lajeado, RS Wells.

	Valor	Local do poço Bairro	Litologias e Aquíferos
Menor Condutividade	75,3 $\mu\text{S/cm}$	Moinhos d'Água	Basaltos (SASG) Arenitos (SAG)
Maior Condutividade	953 $\mu\text{S/cm}$	Centro – (Sudeste)	Basaltos (SASG) Arenitos (SAG) Arenitos argilosos - Fm.Rosário do Sul
Condutividade Média	219,05 $\mu\text{S/cm}$		

Este quadro indica, para as águas subterrâneas da região em questão, uma concentração salina adequada à potabilidade e uma tendência de diversos poços terem características de águas minerais. Em relação a esta característica verificou-se que 19 poços apresentam uma condutividade elétrica entre 201 e 299  $\mu\text{S/cm}$ ; 10 poços entre 300 e 399  $\mu\text{S/cm}$ ; 4 poços, entre 301 e 400  $\mu\text{S/cm}$ ; e apenas um (01) com 953  $\mu\text{S/cm}$ .

Este último poço é o único que apresenta uma condutividade elétrica acima de 500  $\mu\text{S/cm}$ . Pela análise dos dados químicos, no cadastro, não se verifica a esperada concentração correspondente de sais dissolvidos, o que sugere uma falha nos dados analíticos ou erro de lançamento de dados no cadastro.

#### 6.4.4 Em relação ao pH

O pH da água de 72 poços analisados, no município de Lajeado, tem teor médio de 6,90, o que configura, no geral, as condições neutras das águas da região. A água de 69,44% dos poços tem pH entre 6,5 e 7,5; apenas 4 poços tem pH 6,1 e um (01) poço tem pH 6,05, este localizado no Bairro

Florestal. Já os poços com águas alcalinas são em menor proporção, tendo-se apenas 5 com águas com pH entre 7,5 e 8,0; 2 poços, com pH acima de 8,0 e um (01) com pH 9,2.

Um dos poços, que apresenta o pH 8,3, localiza-se no Bairro Moinhos, tem 129 m de profundidade e apresenta no perfil geológico exclusivamente basaltos (SASG). O poço de pH 8,7, localizado no Bairro Americano, tem 113m de profundidade e mostra, em seu perfil geológico, arenitos intertrápicos e na base, 12 m de arenitos (SAG). Este pH mais alcalino pode ser atribuído a produtos de dissolução de basaltos, minerais de calcita ou zeolitas. O poço com pH 9,2, localiza-se no Bairro São Bento, e apresenta, em seu perfil, basaltos diretamente sobrepostos a arenitos argilosos atribuídos à Formação Santa Maria (INT). Este pH alcalino, anômalo para a região, pode derivar das litologias sotopostas à Formação Botucatu, integrantes do Grupo Rosário do Sul (Formações Sanga do Cabral e Santa Maria), ricas em horizontes, níveis e concreções calcárias.

#### **6.4.5 Em relação aos resíduos secos**

Nos poços que apresentavam, no cadastro, os dados físico-químicos completos, verificou-se que a média dos sólidos dissolvidos indicou 164,51 mg/l de água, aspecto que confere uma taxa de mineralização relativamente alta. Da mesma forma, observou-se para as análises de resíduos secos uma média de 177,59 mg/l.

Em trabalho realizado por BERTOLO (2005), ao caracterizar e classificar 303 rótulos de águas minerais vendidas em todo o território nacional, constatou que a média dos resíduos secos é de 85 mg/l, apontando um índice baixo quanto à mineralização.

A comparação permite estabelecer perspectivas para um potencial favorável de ocorrência de águas minerais na região de Lajeado e sua exploração.

#### **6.4.6 Em relação a Fluoretos**

De acordo com a legislação (Decrt.Lei nº 7.841 e RDC nº 173/06) a composição da água fluoretada é  $> 0,01$  mg/L, com VMP de 1,5 mg/l e indesejável quando o teor de flúor é  $> 0,7$  mg/l.

No presente levantamento constatou-se que dos 13 poços que apresentam os parâmetros necessários para classificar as correspondentes águas como minerais, todas são fluoretadas.

#### **6.4.7 Em relação à presença de Nitratos**

Em águas subterrâneas, o nitrato tem sua origem principalmente de quatro fontes: aplicação de fertilizantes e inorgânicos com nitrogênio, bem como esterco animal aplicado em plantações; cultivo do solo; esgoto humano disposto em sistemas sépticos e também deposição atmosférica (BAIRD; CANN, 2011). O volume máximo permitido é de 10 mg/l. Acima desses valores pode causar sérios problemas em crianças e adultos, como por exemplo, a possibilidade de provocar câncer de estômago, bem como aumentar as chances das mulheres desenvolverem câncer de mama (BAIRD; CANN, 2011).

Segundo Bertolo (2005), estudos comprovam que a concentração de nitrato acima de 3 mg/l já caracteriza influência antrópica, visto que verifica-se sua ocorrência em baixas concentrações no ambiente natural. Cabe salientar que entre 1 e 3 mg/l também pode haver influência humana, o que requer estudo e análise no entorno da área.

Dos 51 poços com dados físico-químicos completos, 10 apresentam teores de nitrato acima de 3 mg/l, o que sugere uma contaminação de origem antrópica. Na área central de Lajeado, as águas de um poço de 72 m de profundidade, ultrapassa o limite máximo de potabilidade, contendo 10,95 mg/l. O uso destas águas é de cunho coletivo.

#### **6.4.8 Em relação à presença do Ferro nas águas**

A presença do elemento ferro e correspondentes compostos químicos são comuns nas águas subterrâneas em regiões de ocorrência dos basaltos (SASG) e dos respectivos produtos derivados da sua decomposição por intemperismo. Também podem ocorrer, com relativa frequência, por contaminação das tubulações dos revestimentos dos poços ou por alguma entrada de água superficial.

O ferro atua na formação da hemoglobina, a insuficiência causa anemia e, em excesso, pode aumentar as possibilidades de diabetes e problemas cardíacos. Também auxilia na geração excessiva de radicais livres que atacam as moléculas, aumentando o número destas por potencial cancerígeno

(MAHAN, 2000). Conforme legislação, o volume máximo permitido desse elemento é de 0,3 mg/l.

Na presente avaliação constaram-se dois poços que ultrapassaram o limite máximo em Ferro permitido, quanto à potabilidade da água. Um (01) poço localiza-se no Bairro Moinhos, com 79 m de profundidade, apresentou 0,79 mg/l e comporta litologias basálticas (SASG) e arenitos médios (SAG); outro, localizado no bairro Hidráulica, com 162 m de profundidade, apresentou valores de 0,423 mg/l, e comporta litologias basálticas (SASG) e arenitos e folhelhos, atribuídos à Formação Rosário do Sul (INT).

#### **6.4.9 Em relação ao Cádmio**

O cádmio é um elemento altamente tóxico. Estudos revelam que possui efeito cumulativo nos rins, causando calcificação, e no fígado, podendo causar sérias complicações. Conforme a Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, o limite máximo permitido desse elemento é de 0,005 mg/l para potabilidade. Já para águas minerais o limite máximo de 0,003 mg/l, segundo a Resolução RDC 274 de 2005.

No presente trabalho, constatou-se que um poço localizado no Bairro Florestal, com 143 m de profundidade, apresentou águas, segundo os dados do cadastro, que ultrapassaram consideravelmente o limite máximo permitido quanto à potabilidade, exibindo um valor de 44.2 mg/l, quando o máximo permitido é de 0,005 mg/l.

Valores tão elevados em águas subterrâneas derivam geralmente de infiltrações de efluentes contaminados por atividades antrópicas. Aventa-se também a possibilidade de ter ocorrido um erro na digitação ou no processamento analítico das águas. Indistintamente da origem do elemento químico presente, novas averiguações devem ser feitas para viabilizar o uso daquelas águas subterrâneas para consumo humano.

## **7. CONCLUSÕES**

Fundamentado nas avaliações dos 173 poços tubulares implantados no município de Lajeado, RS, e cadastrados no SIAGAS/CPRM, na consulta a trabalhos técnicos e bibliográficos, em informações de perfuradores de poços tubulares e em observações em campo, é possível concluir:

Somente 47,9% dos poços tubulares do município tem cadastro no SIAGAS/CPRM, comparando-se com o número registrado por STROHSCHOEN *et alii* (2006), o que mostra uma premente necessidade de estimular tais registros, amparado na legislação em vigor, para ter-se um panorama mais completo e fiel da realidade que envolve a localização, perfuração, exploração, características físico-químicas, grau de potabilidade e gestão deste recurso natural com vistas ao seu uso sustentável. Este cadastro deve ser intensificado e cobrado pelos órgãos competentes em todo o País, além de aperfeiçoado, constituindo uma ferramenta indispensável à gestão dos recursos hídricos subterrâneos.

Em relação à distribuição dos poços tubulares no município de Lajeado constatou-se que 125 poços (72,2%) encontram-se na denominada Zona Urbana Edificada, 42 (24,3%) na Zona Urbana Não Edificada e somente 6 poços (3,5%) na Zona Rural, adotando-se o zoneamento do uso dos solos da Secretaria de Planejamento do município. Observou-se também que a maior concentração de poços encontra-se nos bairros Moinhos, Centro e Florestal. Esta grande concentração de poços tubulares, na área mais ocupada do espaço municipal, aumenta as preocupações com relação à qualidade das águas pela contaminação e vulnerabilidade dos aquíferos bem como, pelo esgotamento dos mesmos. Este fato é passível também de gerar conflitos legais entre o abastecimento público, administrado pela CORSAN no caso de Lajeado, e o uso privado da água subterrânea obtida a partir dos poços tubulares.

Dos 173 poços cadastrados, 72 (41,6%) não apresentaram informações sobre as litologias ou acerca das unidades litoestratigráficas encontradas durante a perfuração, aspecto fundamental na análise e avaliação das características dos aquíferos locais ou presença de aquícludes. Para os demais 101 poços (58,4%), os dados geológicos são, em geral, muito simplificados e incompletos, restringindo-se a perfis simples, onde raramente são informadas a textura ou granulometria das rochas, cores, descontinuidades, fraturas, presença de minerais secundários ou outras características físicas ou técnicas. É necessário ampliar e detalhar mais o número de dados ou informações dos poços, aperfeiçoando o cadastramento eletrônico em operação do SIAGAS/CPRM, ao menos para os poços mais recentes. É do conhecimento

também que muitos dos poços que são cadastrados atualmente foram perfurados há muitos anos atrás e os registros dos dados técnicos do poço, bem como geológicos, nunca existiram ou se perderam.

Em relação aos aspectos geológicos e técnicos verificou-se que, dos 173 poços, 101 poços (58,4%) apresentaram dados geológicos ou técnicos que permitiram correlações e interpretações quanto às unidades lito e hidroestratigráficas atingidas durante as perfurações. O poço mais profundo alcançou 214 m, no Bairro São Bento, porém sua vazão após estabilização foi de somente 1,346 m<sup>3</sup>/h de água, considerado um poço potencialmente ruim. O mais raso, dos cadastrados, foi de 38,5 m de profundidade, no Bairro Hidráulica, e forneceu 8,8 m<sup>3</sup>/h de água, considerado potencialmente médio.

Dos 101 poços com dados geológicos, 22 poços (21,78%) atingiram somente as litologias basálticas da Formação Serra Geral (SASG); 78,22% atingiram os arenitos da Formação Botucatu (SAG) ou unidades psamito-pelíticas de unidades mais antigas, também incluídas no SAG. Apenas um poço, localizado ao norte da Área Industrial, nas proximidades do rio Forqueta, não apresentou as litologias basálticas (SASG), somente arenitos (SAG). Os poços implantados exclusivamente nos basaltos (SASG), apesar de constituírem um sistema fraturado, não mostraram, para a região de Lajeado, boa potencialidade para elevadas vazões de água. Perfurações, em alguns casos, com espessuras superiores a 100 m de basalto não se revelaram os aquíferos fraturados esperados, com elevadas vazões de água; tiveram vazões inferiores a 5 m<sup>3</sup>/h.

Indiscutivelmente, os mais promissores aportes de volume de água subterrânea, no município de Lajeado, ocorreram em poços onde as perfurações atingiram os horizontes de arenitos da Formação Botucatu (SAG), em geral sotoposta aos basaltos (SASG). Isto se refere também às intercalações de arenitos (eólicos) nos basaltos, denominados intertrápicos ou interderrames, que ocorrem com bastante frequência nesta região do Vale do Taquari. Um poço no Bairro Santo Antônio, com 131 m de profundidade apresentou a excepcionalidade de três (03) intercalações de arenitos interderrames, com 6 m, 10 m e 2 m de espessura (do topo para a base do poço), fornecendo uma vazão de 11,64 m<sup>3</sup>/h, considerado, potencialmente, um poço médio.

A máxima espessura perfurada de arenito da Fm.Botucatu foi de 91m, em um poço localizado no Bairro Hidráulica, o qual apresentou uma vazão de 10 m<sup>3</sup>/h, considerado potencialmente médio.

A maior vazão registrada de um poço foi de 70,89 m<sup>3</sup>/h de água e localiza-se no bairro Moinhos, com 84 m de profundidade. Considerado, potencialmente, um poço excepcional, apresenta um perfil com 19,2 m de basalto (SASG) e 62 m de arenitos (SAG).

Em relação à vazão dos poços analisados verifica-se, para o município de Lajeado, que 14% são poços ruins; 50,7% poços médios; 18,3% bons; 11,3% poços muito bons; e 5,6% poços excepcionais. Nos poços onde está ausente a Formação Botucatu ou é de pequena espessura, as vazões de água são pouco expressivas (inferiores a 5m<sup>3</sup>/h), mostrando que as litologias interpretadas, pelos técnicos responsáveis pelos cadastros, como Formação Rosário do Sul, Formação Santa Maria, Formação Sanga do Cabral e Formação Rio do Rasto, comportam-se preferencialmente como aquíferos. Reforça-se também a sugestão que as litologias ocorrentes na base dos basaltos (SASG) exigem descrições mais criteriosas nos futuros cadastros bem como, uma melhor identificação das respectivas unidades litoestratigráficas.

É importante também, apontar para a importância que representa, na região em questão, a associação entre o SASG e o SAG, ocorrente em quase todos os poços formando um sistema integrado. Os basaltos sobrepostos (SASG) são os primeiros a receberem o fluxo hídrico proveniente de superfície na dinâmica que leva à recarga de ambos os aquíferos. Águas contaminadas também podem ser drenadas, pelas fraturas, para níveis inferiores.

Em relação aos parâmetros físico-químicos verificou-se, na presente avaliação, que somente 51 poços (29,5%) apresentaram dados completos das respectivas águas; 41 poços (23,7% do total), apenas parciais ou então não informaram tais dados. Este fato também mostra a fragilidade técnica e de consulta que o sistema ainda apresenta.

Para a avaliação físico-química das águas dos 173 poços, do município de Lajeado, RS, cadastrados no SIAGAS/CPRM, foram considerados somente os 51 poços (29,5%) que apresentavam análises completas e 9 poços (5,2%), que, apesar de dados analíticos incompletos, mostravam características que

permitted estabelecer limitações ao seu uso por toxicidade ou, apresentavam propriedades crenológicas.

Dentre os parâmetros físicos, em relação à temperatura das águas, verificou-se que 76,6% das fontes são consideradas do “tipo frias”; e 24,4% do “tipo hipotermiais”. A média da temperatura das águas dos poços analisados foi de 22,26 °C. A temperatura mais elevada de água foi de 30 °C (hipotermal), porém, o dado do respectivo poço carece de credibilidade, dado a profundidade de 56 m do poço (gradiente geotérmico) e na inexistência de outras evidências hidrotermais naturais no vale do Taquari, nesta profundidade.

Em relação à turbidez das águas, o valor máximo foi registrado em um poço localizado no Bairro Hidráulica, com 9,23 unt, possivelmente causada por excesso do elemento Ferro na água, comprometendo a sua potabilidade. Nos demais poços avaliados não se verificaram comprometimento da potabilidade em relação a este parâmetro.

Em relação à condutividade elétrica verifica-se para as águas subterrâneas da região em questão, uma concentração salina adequada à potabilidade, mas também, uma tendência de diversos poços a portarem características de águas minerais. Em relação a esta característica verificou-se que 19 poços apresentam uma condutividade elétrica entre 201 e 299  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 10 poços entre 300 e 399  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 4 poços, entre 301 e 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; e apenas um (01) com 953  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Este último, pela análise dos dados químicos a esperada concentração correspondente de sais dissolvidos não se confirma, o que sugere uma falha nos procedimentos analíticos ou um erro no lançamento de dados no cadastro.

Em relação ao pH da água de 72 poços avaliados, mostra um teor médio de 6,90, o que configura, no geral, as condições neutras das águas da região. Um total de 69,44% dos poços tem águas com pH entre 6,5 e 7,5; apenas 4 poços mostram uma relativa acidez das águas, com pH 6,1; e um (01) poço tem pH 6,05, este último, localizado no Bairro Florestal. Já os poços com águas alcalinas são em menor proporção, tendo-se apenas 5 com águas com pH entre 7,5 e 8,0; e 2 poços, com pH acima de 8,0. A excepcionalidade mostra-se em um poço, localizado no Bairro São Bento, com pH 9,2. Este último pode ter uma contribuição de águas originadas em níveis inferiores, ricos em Cálcio

(carbonatos) de unidade estratigraficamente sotoposta à Formação Serra Geral (SASG) e Formação Botucatu (SAG).

Em relação aos **sólidos dissolvidos** na água verifica-se, nos poços analisados, uma média de 164,51 mg/l e nas análises de **resíduos secos**, uma média de 177,59 mg/l. Estes dados conferem uma taxa de mineralização relativamente alta, quando comparada a águas comercializadas de outras regiões brasileiras, permitindo estabelecer potencialidades para a implantação de plantas industriais de água mineral na região. Neste levantamento constatou-se que dos 13 poços que apresentam os parâmetros necessários para classificar as correspondentes águas como minerais, todas são fluoretadas.

Em relação aos aspectos que afetam a potabilidade das águas dos poços da região em questão, verificou-se que dos 51 poços com dados físico-químicos completos, 10 apresentaram teores de nitrato acima de 3 mg/l, o que sugere uma contaminação de origem antrópica. Na área central de Lajeado, as águas de um poço de 72 m de profundidade ultrapassa o limite máximo de potabilidade, contendo 10,95 mg/l. O uso destas águas é de cunho coletivo, exigindo reavaliações quanto ao seu aproveitamento. Verificou-se também que apenas dois poços ultrapassaram o limite máximo em Ferro permitido, afetando a sua potabilidade.

Outro elemento químico que afeta a saúde, quando em excesso, é o Cádmiu que ultrapassou, em apenas um (01) poço, localizado no Bairro Florestal, o qual exibiu um valor de 44.2 mg/l, quando o máximo permitido é de 0,005 mg/l. Esta anomalia, em águas subterrâneas, deriva geralmente da infiltração de águas superficiais contaminadas. Ocorre também a possibilidade de ter acontecido um erro na digitação ou no processamento analítico das águas. Sugerem-se novas averiguações e análises para viabilizar o uso daquelas águas subterrâneas para consumo humano.

## 8. BIBLIOGRAFIA

BAIRD, C. **Química Ambiental**; trad. Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.  
FENSTERSEIFER, H.C.; HANSEN, M.A.F.; LIMA, J.P.R.; ECKARDT, R.; MOREIRA, M. e DIEL, F. **Contribuição ao Estudo Hidrogeológico e Hidrogeoquímico do Sistema Integrado Guarani-Serra Geral, no Litoral Norte do RS, Brasil**. Anais do

VII Congresso Uruguayo de Geologia e I Simposio de Minería Y Desarrollo Del Cono Sur; Montivideo, 2013.

FERNANDES, A.J.; MALDANER, C.; PRESSINOTTI, M.M.N.; WAHNFRIED, I.; FERRERIA, L.M.; VARNIER, C.; IRITANIT, M.; HIRATA, R. 2006. **Estratigrafia e Estruturas dos Basaltos da Formação Serra Geral em Ribeirão Preto, SP.** In: SBG/Núcleo Bahia-Sergipe, Congr. Bras. Geol., 43, Anais.

GIARDIN, A. & FACCIN, U. Complexidade Hidroestratigráfica e Estrutural do Sistema Aquífero Guaraní: Abordagem Metodológica Aplicada ao Exemplo da Área de Santa Maria – RS, Brasil. **Revista águas subterrâneas**, n. 18, Paraná, 2004, p.39 – 54.

GONÇALVES, V. G.; GIAMPÁ, C. E. Q. **Águas subterrâneas e poços tubulares profundos.** 1ªed. Signus Editora, São Paulo: SP. 2006.

JUSTUS,J.O.; MACHADO,M.L.A.; FRANCO,M.S.M. Geomorfologia.**Folha SH.22 Porto Alegre e parte das Folhas SH.21 Uruguaiana e SI.22 Lagoa Mirim:** geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. IBGE, Rio de Janeiro: Levantamento de Recursos Naturais; 1986, v.33, 796 p.

LECLERC, H. & MOREAU, A. Microbiological safety of natural mineral water. **Microbiology Reviews**, FEMS,Vol.26, John Wiley & Sons Ltd., UK, 2002.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 3ª ed. Editora Átomo. Campinas: SP. 2010.

MACÊDO, J.A.B. **Águas e Águas.** Ortofarma. Juíz de Fora: MG.2000.

MAHAN, B. M. **Química: um curso universitário.** 4. Ed, São Paulo: Ed. Blücher, 2000.

MALDANER, C.H.; FERNANDES, A.J.; WAHNFRIED,I.; FERREIRA, L.M.; PRESSINOTTI, M.M.N.; VARNIER, C.L.; IRITANI, M.; HIRATA, R. 2006. **Representação Tridimensional do Aquífero Serra Geral na Região de Ribeirão Preto, SP.** In: SBG/Núcleo Bahia-Sergipe, Congr. Bras. Geol., 43, Anais.

PRESSINOTTI, M.M.N.; VARNIER, C.; IRITANI, M.; HIRATA, R. 2006. **Modelo Conceitual Preliminar de Circulação de Água Subterrânea no Aquífero Serra Geral, Ribeirão Preto, SP.** In: ABAS, Congr. Bras. Águas Subterrâneas, 14, Anais (CD-ROM),16p.

ROSA,I.C.; PERICO,E.; REMPEL,C. 2012. A influência do processo de emancipação de pequenos municípios na urbanização da cidade de Lajeado, RS. Brasil. **ESPACIOS.** Vol.33(8), ps.4.

SALATI, E.; LEMOS, H. M. de; SALATI, E. **Água e o desenvolvimento sustentável.** In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** São Paulo: USP/ABC, Escrituras Editoras, 1999. cap. 2, p. 39-62.

STROHSCHOEN, E.; ECKARDT, R. R.; DIEDRICH, V. L. e RIGELO, E. F. 2006 – Diagnóstico da água subterrânea no município de Lajeado, RS. **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.** São Paulo, Resumos.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M.C.M.; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra.** Oficina de Textos. São Paulo: SP. 2003.

TRAININI et.al. **Mapa hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul, Escala 1: 750.000. 2005.** Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Poro Alegre, RS.

## ACESSO A SITES

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Resolução RDC nº 54 de 2000**. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/2841580047458945933cd73fbc4c6735/R\\_DC\\_54\\_2000.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/2841580047458945933cd73fbc4c6735/R_DC_54_2000.pdf?MOD=AJPERES)> Acesso em: abril de 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA – ANVISA. **Resolução RDC nº 274 de 2005**. Disponível em: [http://www.apublica.org/wpcontent/uploads/2014/03/anvisa-agua-mineral\\_resolu%C3%A7ao-274\\_2005.pdf](http://www.apublica.org/wpcontent/uploads/2014/03/anvisa-agua-mineral_resolu%C3%A7ao-274_2005.pdf).> Acesso em: setembro de 2016.

BERTOLO, R. **Reflexões sobre a classificação e as características químicas da água mineral envasada no Brasil**. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23114>. Acesso em outubro de 2016.

BRASIL. Código de Águas Minerais. **Decreto 7.841 de 1945**. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/sileg/integras/439991.pdf>> Acesso em: setembro de 2016.

BRASIL. **Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1970-1979/D79367.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1970-1979/D79367.htm) > Acesso em outubro de 2016.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL- DNPM. **Portaria nº 374 de 1º de outubro de 2009**. Disponível em:

[http://www.dnmp-pe.gov.br/Legisla/Port\\_374\\_09.htm](http://www.dnmp-pe.gov.br/Legisla/Port_374_09.htm) Acesso em setembro de 2016.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas-SIAGAS**. Disponível em:

<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout>. Acesso em: Agosto de 2016.

MACHADO J. L. F., FACCINI F. U., 2005. **Influência dos Falhamentos Regionais na Estruturação do Sistema Aquífero Guarani no Estado do Rio Grande do Sul**. Programa de Pós Graduação em Geologia PPGeo-UNISINOS. São Leopoldo: RS. Disponível em: [http://www.cprm.gov.br/publique/media/falha\\_reg.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/falha_reg.pdf)> Acesso em: maio de 2015.

MIDÕES, C.; FERNADES, J. **Hidrogeologia – Água subterrânea: conhecer para preservar**. Departamento de Recursos Hidrogeológicos e Geotérmicos da FCUL. Lisboa: Portugal. 2006. Disponível em: [http://www.cienciaviva.pt/img/upload/agua\\_subterranea\\_LNEG.pdf](http://www.cienciaviva.pt/img/upload/agua_subterranea_LNEG.pdf)> Acesso em: maio de 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em 20/09/2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: [http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html) >Acesso em setembro de 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Portaria nº 340, de 18 de dezembro de 2014**. Disponível em: <http://www.dnmp.gov.br/aceso-a-informacao/legislacao/portarias-do-diretor-geral-do-dnmp/portarias-do-diretor-geral/portaria-no-540-em-18-12-2014-do-diretor-geral-do-dnmp>. Acesso em setembro de 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LAJEADO. **Município de Lajeado**. Disponível em: [http://www.lajeado.rs.gov.br/?titulo=Lajeado&template=conteudo&categoria=931&codigoCategoria=931&idConteudo=2952&tipoConteudo=INCLUDE\\_MOSTRA\\_CONTEUDO](http://www.lajeado.rs.gov.br/?titulo=Lajeado&template=conteudo&categoria=931&codigoCategoria=931&idConteudo=2952&tipoConteudo=INCLUDE_MOSTRA_CONTEUDO). Acesso em: Outubro de 2016.

REGINATO, P.A; STRIEDER, A.J. **Integração de dados geológicos na produção de Aquíferos Fraturados na Formação Serra Geral**. 20/04/2005. Disponível em:

<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/9713/6701>. Acesso em: 20/06/2016.

RIBEIRO, W.C. **Aquífero Guarani: gestão compartilhada e soberania**. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s0103-40142008000300014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0103-40142008000300014). Acesso em: 20/06/2016

SCHEIBE, L.F.; HIRATA, R.C.A. **O Contexto Tectônico dos Sistemas Aquíferos Guarani e Serra Geral em Santa Catarina: uma revisão**. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Natal – RN, Anais do XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, Curitiba: PR. p.1 – 14. 2008. Disponível em: < [http://segesc.paginas.ufsc.br/files/2012/11/aq\\_guarani\\_scheibe\\_lsegesc.pdf](http://segesc.paginas.ufsc.br/files/2012/11/aq_guarani_scheibe_lsegesc.pdf)> Acesso em: maio de 2015.